УДК 334.716:656.2

В.С. Воропай[1], В.Б. Чебанов[2]
[1]ГВУЗ «Приазовский государственный технический университет», Украина
ул. Университетская, 7, г. Мариуполь, 87555
[2]Институт проблем искусственного интеллекта МОН и НАН Украины, Украина
ул. Малая Житомирская, 11/5, г. Киев, 01001

АНАЛИЗ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ВАГОНОВ-ЦИСТЕРН ПАРКА ПРЕДПРИЯТИЯ ХИМИЧЕСКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

V. Voropai[1], V. Chebanov[2]
[1]State Educational Institution “Priazovsky State Technical University”, Ukraine
7, Universitetskaya Str., Mariupol, 87555
[2]Institute of Problems of Artificial Intelligence, MES and NAS of Ukraine, Ukraine
11/5, Mala Zhytomyrska Str., Kiev, 01001

ANALYSIS OF THE WAGONS-TANKS TECHNICAL CONDITION OF THE CHEMICAL INDUSTRY PARK

В статье приведены статистические данные о техническом состоянии парка вагонов-цистерн одного из крупнейших предприятий химической промышленности Украины. Поясняется методика контроля технического состояния, предложена классификация повреждений вагонов-цистерн в зависимости от этапов жизненного цикла, показано распределение повреждений в зависимости от стадий жизненного цикла. Информация, изложенная в статье, дает основания к проведению технической диагностики с целью обоснования дальнейшего срока эксплуатации.

Ключевые слова: жидкий пек, пластическая деформация, ударная розетка, лобовой брус, обечайка, хомуты

The article brings statistical data on the technical condition of the wagons-tanks of one of the largest enterprises of the Ukrainian chemical industry. The technique of monitoring the technical condition is explained, the classification of damage to wagons-tanks depending on the stages of the life cycle is proposed, the distribution of damage depending on the stages of the life cycle is shown. The information set forth in the article provides the basis for conducting technical diagnostics in order to justify the further term of maintenance.

Key words: liquid pitch, plastic deformation, shock socket, frontal beam, shell, clamps

Введение и анализ основных исследований в предметной области

В современных условиях подъема производства на химических и нефтехимических промышленных предприятиях возникает вопрос высокоэффективного функционирования транспортного процесса. Учитывая особенности перевозимых грузов, для транспортировки в основном используют специализированный подвижной состав, который позволяет ускорить процесс погрузки и выгрузки, увеличить степень сохранности перевозимого груза, а также обеспечивает высокую надежность и значительное снижение стоимости всего жизненного цикла. В то же время, в связи с увеличением объемов перевозок возникает дефицит специализированного подвижного состава. Основной причиной нехватки вагонов является неинтенсивное омоложение парка и вывод вагонов из эксплуатации с окончанием нормативного срока службы при различном техническом состоянии [1, 13].

Одним из наиболее перспективных направлений удовлетворения эксплуатационных потребностей промышленных предприятий в транспортных услугах является восстановление ресурса подвижного состава путем проведения увеличенного объема ремонта с продлением срока службы [3, 11, 12]. Восстановление ресурса подразумевает проведение комплекса исследований, направленных на выявление причин возникновения наиболее массовых и опасных повреждений и дальнейшее их устранение

при соблюдении показателей надежности, ремонтопригодности и безотказности, правил безопасности при перевозке и минимизации эксплуатационных расходов на протяжении всего срока дальнейшей эксплуатации.

Решение этих вопросов на современном уровне возможно лишь в случае проведения глубоких научных исследований по оценке ресурса специализированных вагонов и глубокого анализа опыта их эксплуатации.

В работе [3] проведен достаточно полный структурный анализ состояния универсальных грузовых вагонов. На основании длительного опыта эксплуатации произведена оценка основных повреждений несущих элементов вагонов. Представлены результаты испытаний после ремонта увеличенного объема, которые свидетельствуют о наличии ресурса у вагонов с истекшим назначенным сроком эксплуатации.

Анализ перечисленных научных исследований и другой технической информации позволил установить, что основное внимание при совершенствовании вагонов и методов их эксплуатации уделялось решению следующих проблем: разработке типоразмерных рядов с оценкой перспективных технико-экономических параметров; исследованию нагруженности и выбору рациональных конструктивных схем; разработке и внедрению специализированных облегченных несущих металлоконструкций кузовов и рам; унификации элементов и узлов с использованием наиболее оправдавших в эксплуатации конструкций; технологической отработке отдельных элементов и систем погрузки-выгрузки; выбору материалов и систем антикоррозионной защиты как кузовов, так и других подсистем вагонов; повышению надежности, ремонтопригодности и совершенствованию систем технического обслуживания подвижного состава.

Значительно меньшее внимание уделялось разработке теории и способов повышения ресурсных возможностей специализированных вагонов-цистерн парков промышленных предприятий [2, 6, 9].

К настоящему времени накоплен большой опыт в решении достаточно сложных задач проектирования, расчета и эксплуатации грузового подвижного состава. Однако, в подавляющем большинстве работ рассмотрены конструкторские мероприятия, результаты эксплуатации, методы оценки и восстановления ресурса применительно к универсальному подвижному составу. Значительно менее изученными оказались специализированные вагоны, спрос на которые в настоящее время со стороны перевозчиков продолжает возрастать даже в условиях неблагоприятной экономической ситуации.

Постановка проблемы

В комплексе масштабных и сложных задач, решаемых на железнодорожном транспорте, главным направлением остается обеспечение безопасности движения грузовых поездов. Парк грузовых вагонов, эксплуатирующийся на многих химических промышленных предприятиях стран СНГ, в большинстве своем, состоит из вагонов-цистерн (далее – цистерн) для перевозки сжиженных газов и другой продукции. Эксплуатация этого вида подвижного состава требует высокого уровня безопасности, так как в случае аварии возникают опасные последствия для жизнедеятельности человека.

Парк цистерн, на примере одного из предприятий химической промышленности, постепенно сокращается (рис. 1). Для обеспечения функционирования предприятия на высоком уровне необходимо, чтобы заданное количество цистерн обеспечивало перевозочный процесс. Как видно на графике, такое количество начинает снижаться. Это происходит по причине расхода технического ресурса цистерн. Определенное количество цистерн путем проведения плановых ремонтно-восстановительных воздействий продолжает выполнять свои функции, имея при этом запас ресурса. А дефицит цистерн возникает вследствие того, что некоторые цистерны израсходовали ресурс и их дальнейшая эксплуатация невозможна. Вторая причина дефицита – ограниченное финансирование обновления эксплуатационного парка предприятия.

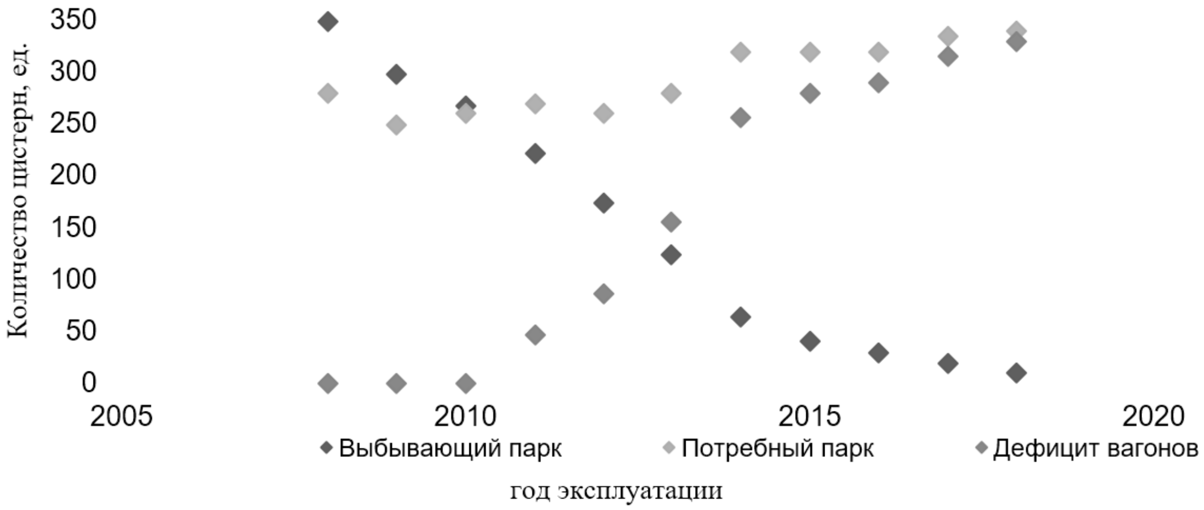


Рис. 1. Суммарный баланс парка собственных цистерн для перевозки химических грузов на период с 2009 по 2019 гг. (на примере промышленного предприятия)

В соответствии с экономическим исследованиями известно [8], что среднестатистический капитально-обновительный ремонт обходится собственнику примерно в 5 раз дешевле, чем приобретение новой единицы подвижного состава. В частности, после проведения технического диагностирования и капитального ремонта с продлением срока полезного использования, срок эксплуатации вагонов увеличивается на 5-15 лет.

Поэтому, в условиях действия рыночных механизмов большое значение приобретает продление срока службы цистерн рабочего парка за счет выявления и обоснования их остаточного ресурса.

Основные результаты. Процедура проведения технического диагностирования. Анализ данных о состоянии парка.

Агрессивная среда перевозимого груза, превышение грузоподъемности во время перевозки, динамические и статические нагрузки в процессе некоторых стадий жизненного цикла (далее – ЖЦ) цистерн влекут за собой снижение прочности металлоконструкции, что приводит к непригодности транспортного средства для дальнейшей эксплуатации.

К эксплуатационным повреждениям цистерн относятся трещины сварных швов фасонных лап, дефекты сварных швов котла, трещины в основном металле котла, коррозионное повреждение элементов котла, обрыв швов приварки фиксатора лестницы и т.д.

Для получения информации о полном спектре повреждений было обследовано более 100 цистерн моделей 15-1597, 15-1440, 15-1408 с истекшим назначенным сроком службы, находящихся в эксплуатационном парке промышленного предприятия.

В ходе обследования проводились следующие виды работ:

1) изучались техническая и эксплуатационная документация на котел; выполнялся анализ предыдущих плановых технических освидетельствований, а также технического диагностирования;
2) проводился визуальный контроль объекта:
- выявление поверхностных дефектов металла, снижающих прочность котла (трещины, забоины, царапины, выпучины, коррозионное поражение и др.);
- контроль качества сварных швов на наличие недопустимых дефектов (трещин основного металла, свищей и пористости поверхностей, смещения свариваемых элементов и т.д.);
3) измерительный контроль:
- измерена толщина стенок металла расчетных элементов котла, определена степень их износа;
- измерена твердость каждого листа обечайки и днищ с целью проверки соответствия механических характеристик значениям, установленным нормативно-технической документацией для примененной марки стали;

4) выполнен анализ результатов технического диагностирования, производилась оценка работоспособности.

Собственниками таких моделей цистерн на сегодняшний день являются ЧАО «Азот» (г. Черкассы), ЧАО «Северодонецкое объединение Азот» и ряд других промышленных предприятий.

В настоящее время в собственности одного из таких предприятий находится более 300 цистерн моделей 15-1597, 15-1440, 15-1408, которые обеспечивают необходимый объем перевозок. Детальный анализ парка вагонов позволил установить, что основная часть вагонов, находящаяся в эксплуатации, постройки до 1995 г., израсходовала назначенный срок службы и в ближайшее время их эксплуатация будет приостановлена. Анализ данных о текущем состоянии специализированного грузового парка вагонов показал, что из общего количества цистерн срок службы истек у 70 %. Распространяя динамику окончания срока использования на весь парк цистерн данных моделей, отчетливо видно, что приостановка эксплуатации цистерн к концу 2019 г. составит 340 единиц, что эквивалентно количеству цистерн во всем парке (рис. 1).

Анализ представленной информации позволяет сделать вывод, что к концу 2019 г. дефицит специализированных цистерн превысит 90 %, вследствие чего возможна внеплановая остановка производства, связанная с недостатком необходимого сырья. Данная ситуация в отрасли прослеживается не только на предприятии ЧАО «Азот» (г. Черкассы), но также и на предприятии «ЧАО «Северодонецкое объединение Азот».

Цистерна представляет собой сложнейший технический объект, который эксплуатируется в самых различных, зачастую, весьма жестких условиях. При этом учесть все нюансы условий эксплуатации на стадии проектирования не представляется возможным. В связи с этим существенная часть цистерн рабочего парка имеет повреждения, в некоторых случаях приводящие к отказам. Одним из наиболее опасных повреждений является повреждение несущей конструкции цистерны, которое имеет разнообразные причины возникновения и места локализации.

Результаты анализа технического состояния цистерн

Результаты анализа технического состояния вагонов в период с 2012 по 2014 годы позволили определить полный спектр повреждений, выделить наиболее подверженные зоны их возникновения (рис. 2).

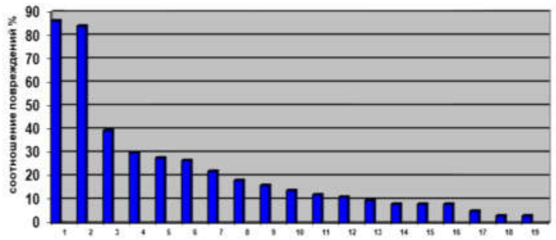


Рис. 2. Анализ основных видов эксплуатационных повреждений и неисправностей цистерн моделей 15-1597, 15-1440, 15-1408

1 - выпучивание верхнего листа хребтовой балки; 2 - трещина лобового бруса в районе розетки; 3 –продольная трещина пятника; 4 - изгибы и вмятины лобового бруса; 5 - износ ударной розетки; 6 - ослабление хомутов; 7 - начальная трещина рамы; 8 - ослабление креплений поручней; 9 - излом и изгиб наружной лестницы; 10 - излом лобового бруса; 11 - трещины поперечных сварных швов соединений лап среднего крепления с котлом и хребтовой балкой; 12 - надрыв металла обечайки; 13 - наличие накладок на центрирующей балочке; 14 - расслой в районе опоры; 15 - деформация шкворневых балок; 16 - накладки на раме; 17 - расслой днища и средней обечайки; 18 - разбитая рама; 19 - точечная коррозия на котле

К несущим конструкциям цистерн относится котел и рама, которые и были подвержены исследованию. Контроль технического состояния включал в себя следующие виды работ:

1. Проводился визуальный контроль (внутренний и наружный осмотр).
2. Были проведены гидравлические испытания.
3. Проводилась ультразвуковая толщинометрия.
4. Была проведена ультразвуковая дефектоскопия сварных соединений и основного металла.
5. Производилось определение физико-механических свойств металла котла.

Также о характере и частоте отказов можно судить по статистической информации о проделанных ремонтах. На гистограмме представлены результаты анализа статистики выполненных ремонтов по данным вагоноремонтных предприятий (рис.3).

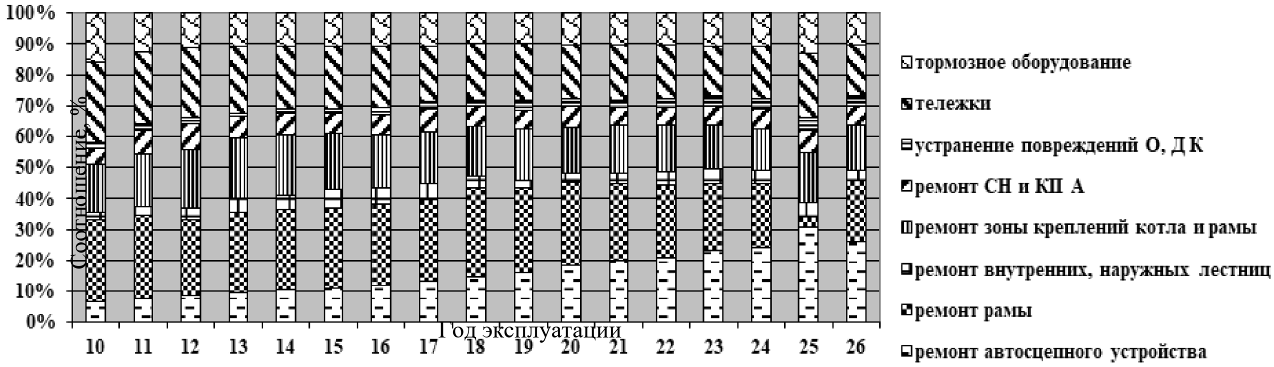


Рис. 3. Процентное соотношение выполненных ремонтов основных элементов цистерны
(О - обечайка котла; ДК - днище котла; СН и КПА - сливоналивная и комплектующая арматура)

В процессе эксплуатации наиболее частыми повреждениями цистерн вышеуказанных моделей становятся трещины лобового бруса в районе розетки и износ ударной розетки. Данный дефект может возникать по нескольким причинам: (1) превышение скорости соударения при маневровых работах и прохождении кривых; (2) аварийные ситуации; (3) контактное взаимодействие элементов конструкции.

Выпучивание верхнего листа хребтовой балки может происходить по причине деформации рамы с внутренней стороны.

Классификация повреждений и их распределение на всех этапах ЖЦ

В результате проведенного анализа, предложена классификация повреждений цистерн по причине возникновения на протяжении всего ЖЦ, которая представляет собой трехуровневую структуру (рис.4), разделенную на функциональные блоки: (1) стадии ЖЦ; (2) причины образования повреждений; (3) повреждения.

На первом уровне ЖЦ цистерн был условно разделен на четыре этапа, сформированные в зависимости от стадии ЖЦ, на котором существует вероятность образования причины повреждения: разработка и постановка на производство, производственная стадия, эксплуатационная стадия, включающая модернизацию и исключение подвижного состава из эксплуатации и его утилизация.

Разработка и постановка на производство достаточно длительный и сложный инженерный процесс по выбору и проверке новых технических решений, обеспечивающих достижение требуемых свойств изделия, а также экспериментальная проверка их достоверности путем проведения полного комплекса испытаний в условиях, имитирующих последующую эксплуатацию. К данной стадии были отнесены следующие причины возникновения повреждений и дефектов в конструкции цистерны: недостаточная квалификация и несоблюдение обслуживающим персоналом требований технической документации, недостаток информации опытной эксплуатации, нерациональный выбор материалов. Как следствие вышеизложенных причин, возникают конструктивные концентраторы напряжений, многоцикловая усталость вследствие боковой качки и малоцикловая усталость при продольных эксплуатационных нагрузках. Перечисленные причины на дальнейших этапах ЖЦ вагона значительно увеличивают вероятность возникновения повреждений и приводят к появлению: механического износа отверстий фланца арматурного люка и люка-лаза, который в течение длительной эксплуатации усугубляется коррозионным повреждением от перевозимого груза и вмятин, раковин и задиров на поверхности кольцевой проточки фланца люка-лаза [5].

Вследствие действия на конструкцию цикличных нагрузок и наличия концентраторов напряжения возникают трещины сварных швов лап и повреждения лежневых опор. Наибольшая часть этих повреждений возникает в сварных соединениях и околошовной зоне вследствие начальных и вновь образованных трещиноподобных дефектов, а также остаточных напряжений от сварных работ при изготовлении и эксплуатации.

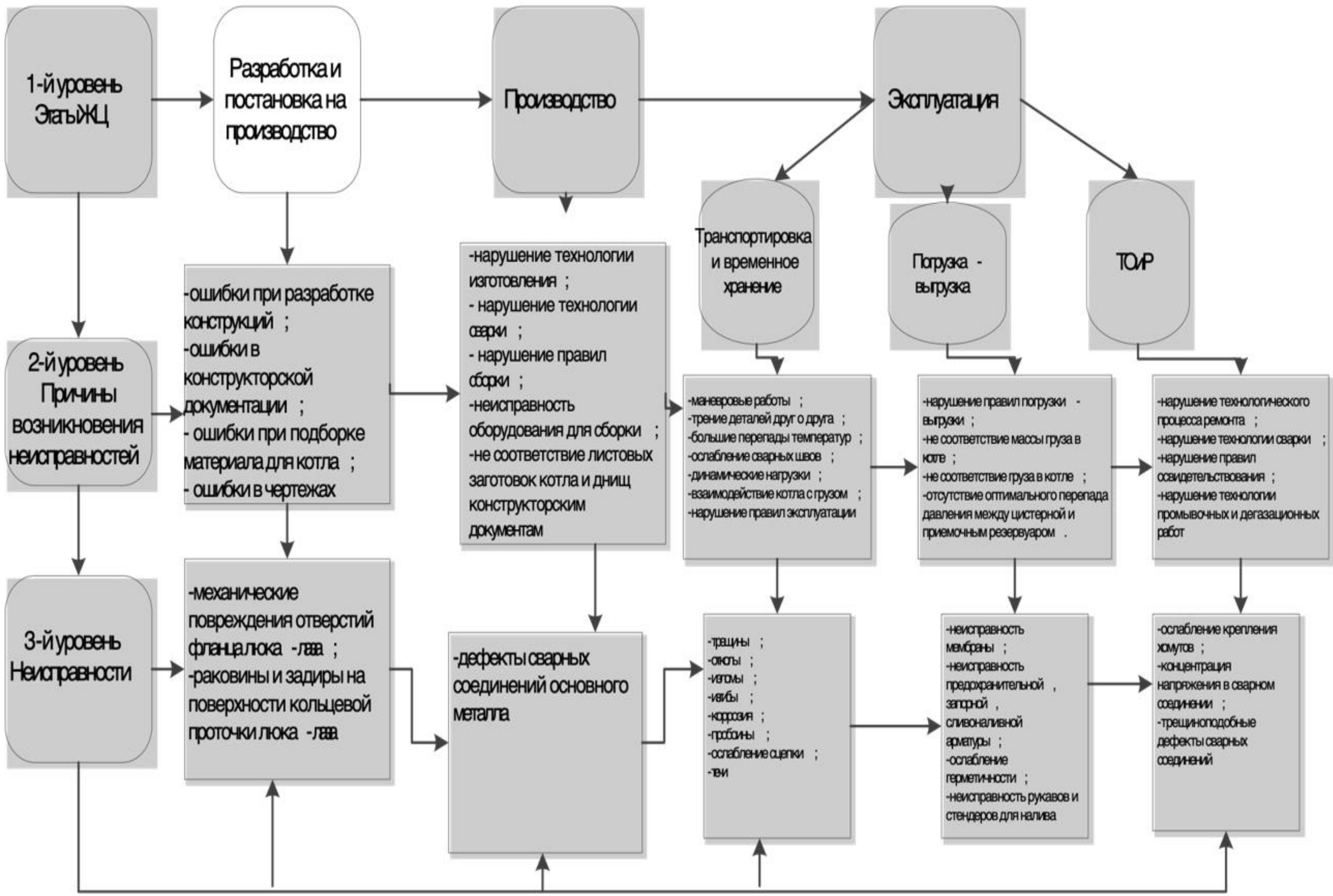


Рис. 4. Классификация повреждений цистерн на этапах ЖЦ

На основании требований, предъявляемых к конструкции вагона технической документацией, разрабатываемой на предыдущем этапе, на этапе производства осуществляют сборку и соединение деталей и узлов с целью получения конечного изделия. На данном этапе основными причинами возникновения повреждений и дефектов следует считать: несоблюдение технических условий на изготовление, в частности, нарушение процесса сварки; применение не отвечающих требованиям материалов; недостаточную квалификацию персонала, выполняющего основные операции и отсутствие условий проведения работ; несоблюдение достаточного объема входного контроля материалов, применяемых при изготовлении вагона, промежуточного и выходного контроля качества его соединений.

Вследствие этих нарушений в конструкции цистерны возникают остаточные напряжения от сварочных работ, концентрация напряжений в сварных соединениях и трещиноподобные дефекты. Все перечисленные выше причины способствуют возникновению и последующему развитию в сварных швах и основном металле трещин, внутренних и поверхностных газовых пор, неметаллических включений и т.п.

Основная часть элементов цистерн (более 90 %) соединяется между собой при помощи сварных швов, в которых и возникают первоначальные дефекты и повреждения, приводящие к появлению повреждения лежневой опоры; изгибу и повреждению наружных лестниц; обрыву швов фиксатора внутренней лестницы с повреждением основного металла, который усугубляется коррозией от перевозимого груза и является основной причиной возникновения сквозных отверстий в обечайке люка-лаза; повреждения или отсутствия дренажных желобов, вследствие некачественной сварки кронштейнов крепления к обечайке котла; начальных трещин фасонных лап, развивающихся при дальнейшей эксплуатации от действия сверхнормативных нагрузок.

Также следует отметить, что коррозионное повреждение металла может быть вызвано недостаточным объемом входного контроля материала при производстве, а трещины в основном металле в большинстве случаев возникают непосредственно в зоне сплавления сварного соединения [9, 10].

Следующим и наиболее продолжительным этапом ЖЦ цистерны является эксплуатация. В общем случае эксплуатация цистерны включает в себя транспортировку, временное хранение, погрузку и выгрузку, а также техническое обслуживание и ремонт.

При транспортировании и временном хранении перевозимого груза причинами возникновения повреждений следует считать: превышение скорости соударения при маневровых работах и прохождении кривых; превышение допустимой грузоподъемности и инерционные нагрузки при маневровых соударениях; роспуск цистерн с горок; несоблюдение техники безопасности и недостаточная квалификация обслуживающего персонала; перевозку не предусмотренной номенклатуры грузов к транспортировке; нарушение габаритных ограничений; абразивное взаимодействие элементов конструкции вагона; аварийные ситуации [2].

Основную часть перечисленных причин можно охарактеризовать как нарушение правил эксплуатации при перевозке грузов наливом железнодорожным транспортом, а также нарушение правил эксплуатации при выполнении основных операций [2].

Вследствие вышеизложенного, в конструкции цистерны возникают следующие повреждения: ослабление элементов системы крепления котел-рама при высоком уровне напряжений; электрохимическая коррозия (поляризация) при абразивном взаимодействии элементов [4, 5, 7].

При погрузке и выгрузке причинами возникновения повреждений являются: взаимодействие перевозимого груза с тормозным оборудованием, котлом, рамой и элементами их крепления, несоблюдение правил при сливе и наливе, отсутствие дренажных устройств, неисправности арматуры и контактного взаимодействия элементов конструкции. Вышеуказанные причины

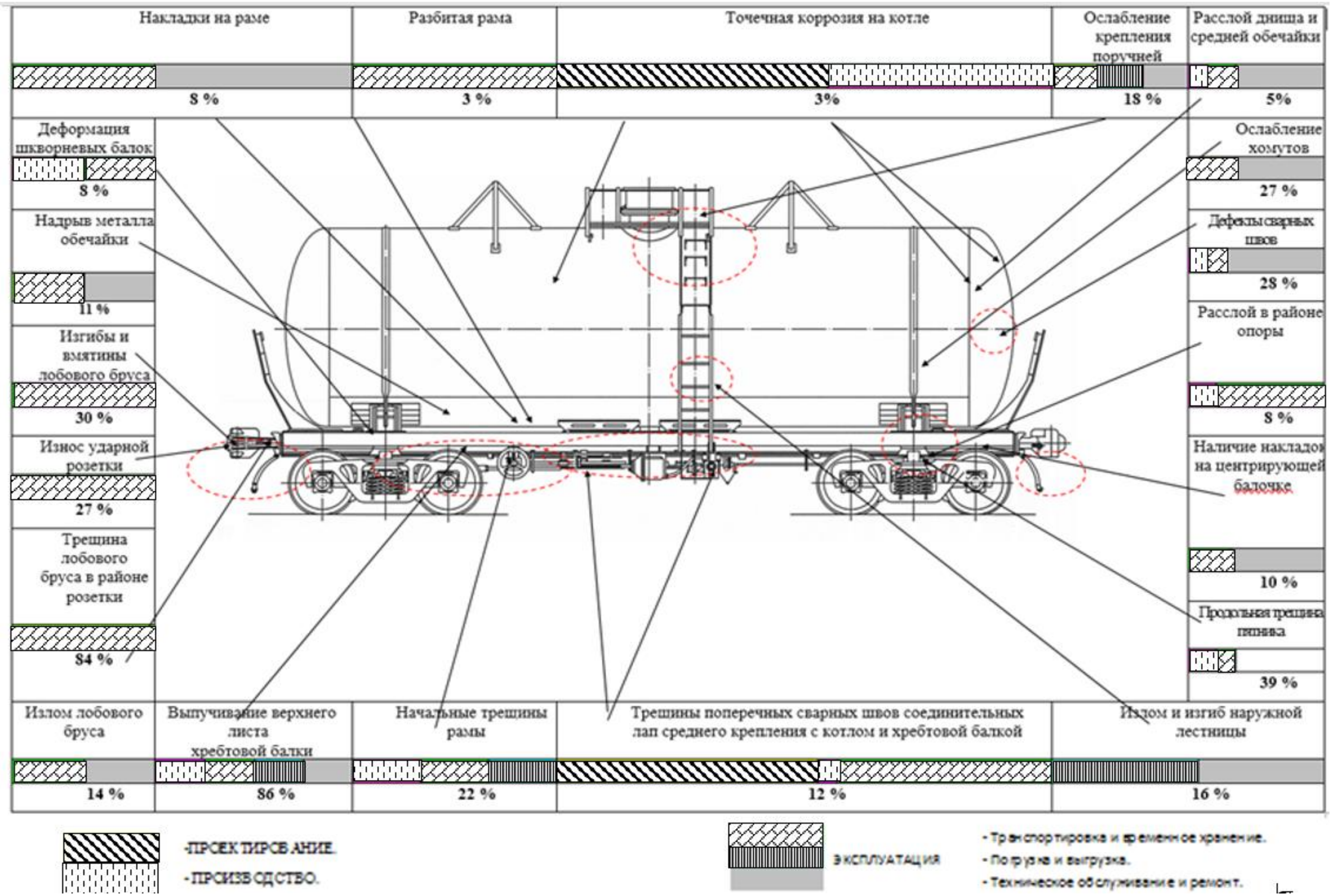


Рис. 5. Распределение повреждений в соответствии со стадиями ЖЦ

приводят к возникновению коррозионных и механических повреждений, вследствие которых происходит ослабление навесного оборудования снаружи и изнутри котла цистерны. Именно они способствуют возникновению: механического износа штампованного углубления котла; трещин сварных швов фасонных лап, изгибов и повреждения наружных лестниц [2]; повреждения дренажных желобов и лобовой балки; трещин в основном металле котла и рамы; дефектов сварных соединений; коррозионного повреждения основного металла кузова; язвенной коррозии уплотнительной канавки фланца люка-лаза; сквозной коррозии обечайки люка-лаза; вмятин, раковин и задиров на поверхности кольцевой проточки фланца люка-лаза; механического износа отверстий фланца до уплотнительной канавки; повреждения коррозией фланца люка-лаза; повреждения сливо-наливной арматуры; сквозной коррозии шкворневой балки [2].

При техническом обслуживании и ремонте причины возникновения повреждений аналогичны причинам, описанным на этапе производства. Помимо производственных причин возникновения повреждений на этапе эксплуатации возможно возникновение остаточных напряжений от сварных швов, не предусмотренных конструкторской документацией, ослабление крепления крышек люков и системы крепления котел-рама, а также повреждение или отсутствие вспомогательных элементов, отвечающих за сохранность перевозимого груза и герметичность котла вагона-цистерны [2].

В результате проведенного комплекса работ было установлено, что основная часть повреждений и дефектов возникает в результате сочетания не менее двух групп причин на всех этапах ЖЦ. Распределение вероятности возникновения повреждений на протяжении всего ЖЦ цистерн представлено на рисунке 5. Безусловно, основная доля повреждений приходится на этап эксплуатации, причем, самые значительные из них – выпучивание верхнего листа хребтовой балки и трещина лобового бруса в районе розетки.

Заключение

Проведено исследование и установлено, что в настоящее время на промышленном предприятии ЧАО «Азот» (г. Черкассы) возник дефицит цистерн. Анализ данных о текущем состоянии парка вагонов показал, что из общего количества цистерн срок службы истек у 50 %. Распространяя динамику окончания срока использования на весь парк цистерн, сделан вывод - приостановка эксплуатации вагонов к концу 2019 г. составит 340 единиц.

Литература

1. Битюцкий Н.А. Организация новых видов ремонта специализированных грузовых вагонов парка частного подвижного состава /Н.А. Битюцкий// Материалы межвузовской научно-технической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых «Шаг в будущее» (Неделя науки – 2007). – СПб.:ПГУПС, 2007. - С. 10-14.
2. Битюцкий Н.А. Совершенствование методов оценки и восстановления ресурса вагонов-цистерн с котлами из алюминиевых сплавов: автореф. дис. на соискание уч.степени канд.техн.наук: 05.22.07 – С.-П., 2009 – 26 с.
3. Бороненко Ю.П. Капитальные ремонты с продлением срока полезного использования – важнейшее направление ресурсосбережения в вагонном хозяйстве / Ю.П. Бороненко, С.В. Меркушев, Е.М. Попов, Т.М. Белгородцева, Н.Г. Мартынюк// Тр. II научно-техн. конф. «Ресурсосберегающие технологии на ж.д. транспорте». Кн.1, М.: МИИТ, 1999. – С.19-20.
4. Буренин В.А. Прогнозирование индивидуального остаточного ресурса стальних вертикальних резервуаров: автореф. дис. на соискание уч.степени доктора техн.наук: 05.15.13. – Уфа, УГНТУ, 1994. – 45 с.
5. Воробьева Г.Я. (1975). Коррозионная стойкость материалов в агрессивных средах химических производств. Москва: Изд-во «Химия».
6. Воропай В.С. Экспериментальные исследования технического состояния вагонов-цистерн /В.С. Воропай// Збірник наукових праць. Тематичний випуск: Рухомий склад. – Донецьк: ДонІЗТ, 2010. - №23 – С. 76-85.
7. Дрейзеншток, З.Б. (1983). Сварка в судостроении. Ленинград: Изд-во «Судостроение».
8. Дьомін Ю.В. (2001). Залізнична техніка міжнародних транспортних систем (вантажні перевезення). Київ: Вид-во «Юнікон Прес».
9. Котуранов В.Н. (1991). Нагруженность элементов конструкции вагонов: Учебник для вузов /В. Н. Котуранов, В. Д. Хусидов и др.// Москва: Транспорт.

10. Мурзаханов Г.Х. (2009). Диагностирование технического состояния и прогнозирование остаточного ресурса вертикальных стальных резервуаров: Учебное пособие по неразрушающему контролю и оценке остаточного ресурса /Г.Х. Мурзаханов// Москва.
11. Недосека А.Я. (1998). Основы расчета и диагностики сварных конструкций. Киев: Изд-во «Индпром».
12. Сыровцев М.Г. Трофимова Н.С., Герасименко Г.И. (1988). Продлять срок службы кислотных цистерн. *Железнодорожный транспорт*. №7. С. 31-33.
13. Сычев В.П. (2005). Об остаточном ресурсе путевой техники. *Путь и путевое хозяйство.* № 2. С. 30-32.

References

1. Bityutskiy N.A. Organizatsiya novykh vidov remonta spetsializirovannykh gruzovykh vagonov parka chastnogo podvizhnogo sostava /N.A. Bityutskiy// Materialy mezhvuzovskoy nauchno-tekhnicheskoy konferentsii studentov, aspirantov i molodykh uchenykh «Shag v budushcheye» (Nedelya nauki – 2007). – SPb.:PGUPS, 2007. - S. 10-14.
2. Bityutskiy N.A. Sovershenstvovaniye metodov otsenki i vosstanovleniya resursa vagonov-tsistern s kotlami iz alyuminiyevykh splavov: avtoref. dis. na soiskaniye uch.stepeni kand.tekhn.nauk: 05.22.07 – S.-P., 2009 – 26 s.
3. Boronenko YU.P. Kapital'nyye remonty s prodleniyem sroka poleznogo ispol'zovaniya – vazhneysheye napravleniye resursosberezheniya v vagonnom khozyaystve / YU.P. Boronenko, S.V. Merkushev, Ye.M. Popov, T.M. Belgorodtseva, N.G. Martynyuk// Tr. II nauchno-tekhn. konf. «Resursosberegayushchiye tekhnologii na zh.d. transporte». Kn.1, M.: MIIT, 1999. – S.19-20.
4. Burenin V.A. Prognozirovaniye individual'nogo ostatochnogo resursa stal'nikh vertikal'nikh rezervuarov. avtoref. dis. na soiskaniye uch.stepeni doktora tekhn.nauk: 05.15.13. – Ufa, UGNTU, 1994. – 45 s.
5. Vorob'yeva G.YA. (1975). Korrozionnaya stoykost' materialov v agressivnykh sredakh khimicheskikh proizvodstv. Moskva: Izd-vo «Khimiya».
6. Voropay V.S. Eksperimental'nyye issledovaniya tekhnicheskogo sostoyaniya vagonov-tsistern /V.S. Voropay// Zbírnik naukovikh prats'. Tematichniy vipusk: Rukhomiy sklad. – Donets'k: DonÍZT, 2010. - №23 – S. 76-85.
7. Dreyzenshtok, Z.B. (1983). Svarka v sudostroyenii. Leningrad: Izd-vo «Sudostroyeniye».
8. D'omín YU.V. (2001). Zalíznichna tekhníka mízhnarodnikh transportnikh sistem (vantazhní perevezennya). Kiїv: Vid-vo «Yuníkon Pres».
9. Koturanov V.N. (1991). Nagruzhennost' elementov konstruktsii vagonov: Uchebnik dlya vuzov /V.N. Koturanov, V.D. Khusidov i dr.// Moskva: Transport.
10. Murzakhanov G.KH. (2009). Diagnostirovaniye tekhnicheskogo sostoyaniya i prognozirovaniye ostatochnogo resursa vertikal'nykh stal'nykh rezervuarov: Uchebnoye posobiye po nerazrushayushchemu kontrolyu i otsenke ostatochnogo resursa /G.KH. Murzakhanov// Moskva.
11. Nedoseka A.YA. (1998). Osnovy rascheta i diagnostiki svarnykh konstruktsiy. Kiyev: Izd-vo «Indprom».
12. Syrovtsev M.G. Trofimova N.S., Gerasimenko G.I. (1988). Prodlyat' srok sluzhby kislotnykh tsistern. Zheleznodorozhnyy transport. №7. S. 31-33.
13. Sychev V.P. (2005). Ob ostatochnom resurse putevoy tekhniki. Put' i putevoye khozyaystvo. № 2. S. 30-32.

RESUME

V. Voropai, V. Chebanov

Analysis of the wagons-tanks technical condition of the chemical industry park

One of the most promising ways to meet the operational needs of industrial enterprises in transport services is to restore the rolling stock resource by carrying out an increased volume of repairs with an extended service life. Aggressive environment of the transported cargo, excess load capacity during transportation, dynamic and static loads during certain stages of the life cycle of the wagons-tanks entail a decrease in the strength of the metal structure, which makes the vehicle unsuitable for further operation.

To obtain information on the full range of damage, more than 100 wagons-tanks of models 15-1597, 15-1440, 15-1408 with an expired assigned service life, located in the production fleet of an industrial enterprise, were examined.

During the survey, the following types of work were carried out:

- studied the technical and operational documentation for the boiler; analysis of previous planned technical surveys, as well as technical diagnostics;
- visual inspection of the object was carried out;
- measuring control;
- an analysis of the results of technical diagnostics was carried out, performance was assessed.

Analysis of data on the current state of the specialized freight fleet of wagons-tanks

showed that 70 % of the total number of wagons-tanks expired. Spreading the dynamics of the end of the term of these models using for the entire fleet of wagons-tanks, it is clearly seen that the suspension of operation of wagons-tanks by the end of 2019 will be 340 units, which is equivalent to the number in the entire fleet.

The analysis made it possible to identify the elements of the supporting structure of wagons-tanks that are most susceptible to defects and malfunctions. During operation, the most frequent damage of the above models are crack in the frontal beam in the area of the outlet and tear of the shock outlet. This defect can occur for several reasons:

- exceeding the collision speed during shunting and passing curves;
- emergency situations;
- contact interaction of structural elements.

The buckling of the top sheet of the spinal beam can occur due to deformation of the frame from the inside.

The shortage of wagons-tanks arises due to the fact that some tanks have consumed a resource and their further operation is impossible. Another reason for the shortage is limited funding for the renewal of the enterprise's production fleet.

Therefore, under the conditions of market mechanisms, it is of great importance to extend the service life of wagons-tanks of the working fleet by identifying and justifying their residual life.

Надійшла до редакції 13.11.2019